



.....

CAMSTech-II-2021: Современные достижения в области материаловедения и технологий

.....

Defect Formation and Inhomogeneous Structure in M1 Copper at
Implementing of Drop Mode Printing by Wire-Feed Electron Beam
Additive Technology

Gusarova A.V., Zakharevich I., Osipovich K.S., Gurianov D.A., Chumaevskii A.V.,
Zhukov L.L., Kushnarev Y.V.



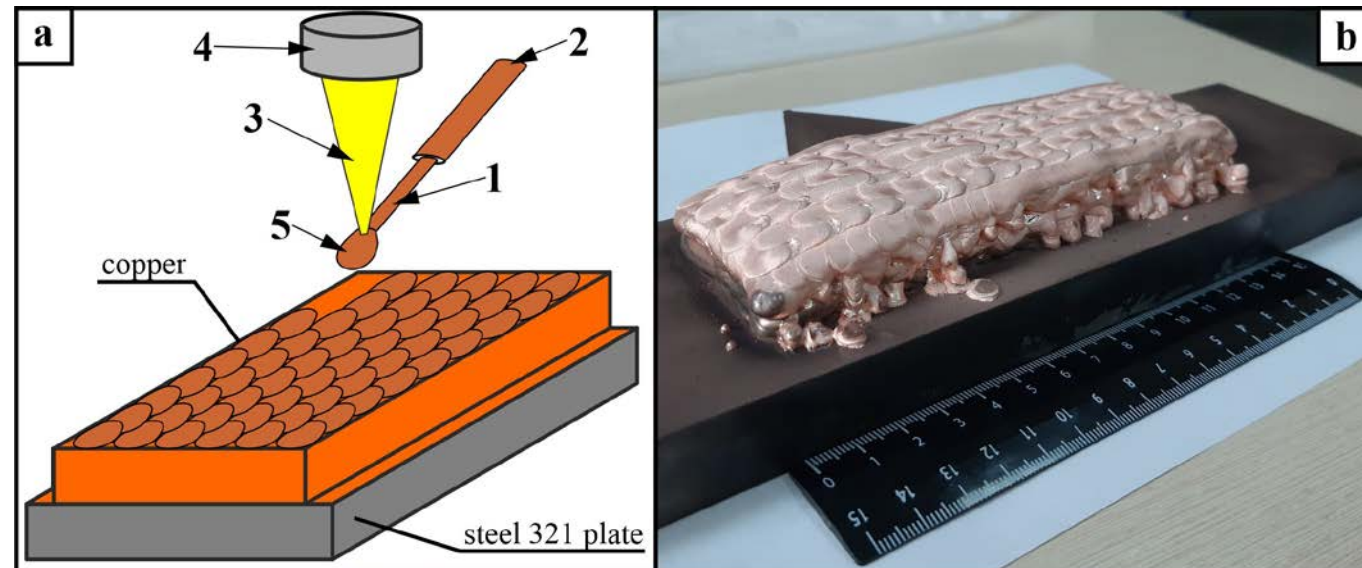
Актуальность



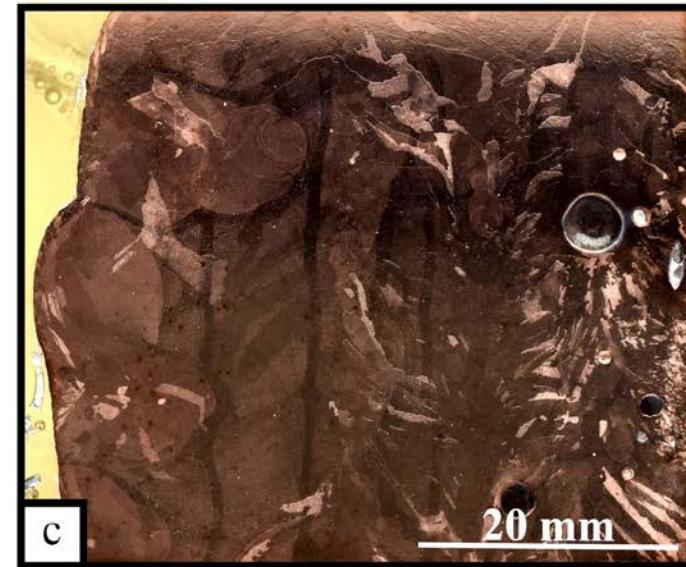
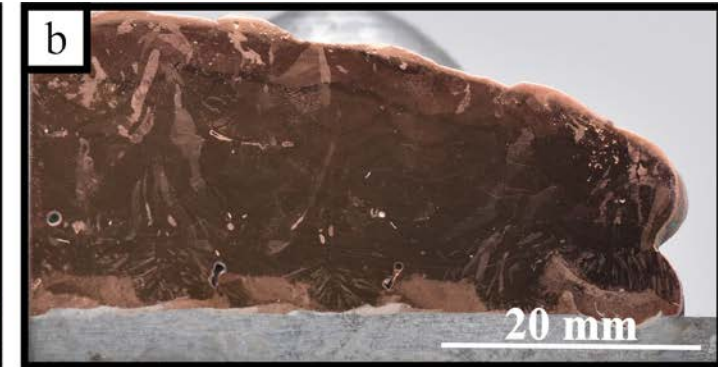
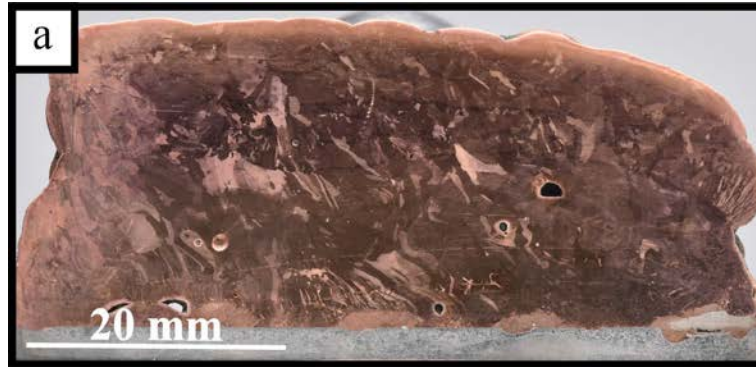
- В настоящее время возможности аддитивных технологий могут способствовать снижению затрат на производства различных деталей авиационной и ракетно-космической сферы, в том числе «шар-баллонов», вкладышей сопел ракетных двигателей, конструктивных элементов и т.д.
- В современной литературе имеется достаточно мало данных по применению проволоочной электронно-лучевой аддитивной технологии для производства изделий на основе меди и никелевого сплава с целью дальнейшего осуществления изготовления деталей ракетных двигателей монолитно (без вкладышей), совмещающая жаропрочность никелевого сплава и теплоотвод меди.
- Целью данной работы является получение первичных данных по аддитивному электронно-лучевому производству биметаллических градиентных изделий из меди марки М1 и никелевого сплава Ni80Cr20.

Методика эксперимента

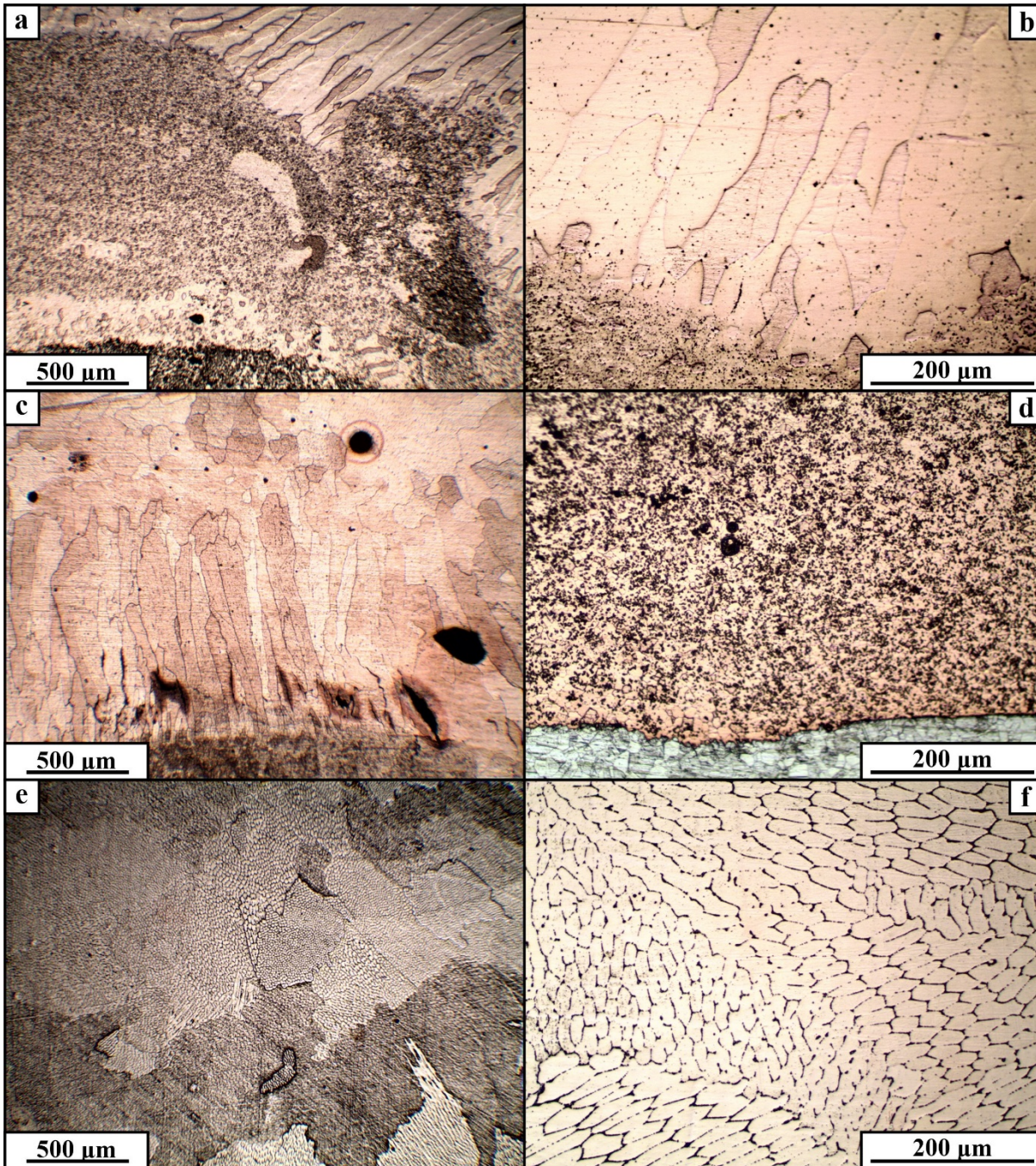
- В работе получены образцы в виде блоков по схеме, представленной на рисунке:
- Проволочный филамент 1, подаваемый через сопло 2 и плавящийся электронным пучком 3 от источника 4 формирует ванну расплава 5, которая, в отличие от стабильного режима, не переходит к образованию однородного потока и наносится на поверхность по отдельным каплям.
- Внешний вид образца показан на рисунке, на снимке видно дискретное строение поверхности образца



Макроструктура полученных образцов



•Макроструктура медного блока представлена на рисунке. В материале можно выделить образование большого количества пор размером до 4-5 мм. В граничной зоне не выделяется интенсивного оплавления материала подложки. В поперечном и продольном сечениях (a,b) происходит образование неоднородной, фрагментированной структуры с нетипичным для меди, полученной при оптимальных режимах строением. В горизонтальной плоскости хотя и можно выделить следы от наносимых слоёв в структуре (c), но также проявляется большое количество неоднородностей в зеренной структуре. Форма зерен варьируется от практически одноосной до вытянутых зерен с отношением ширины к длине - до 1:10 и более.

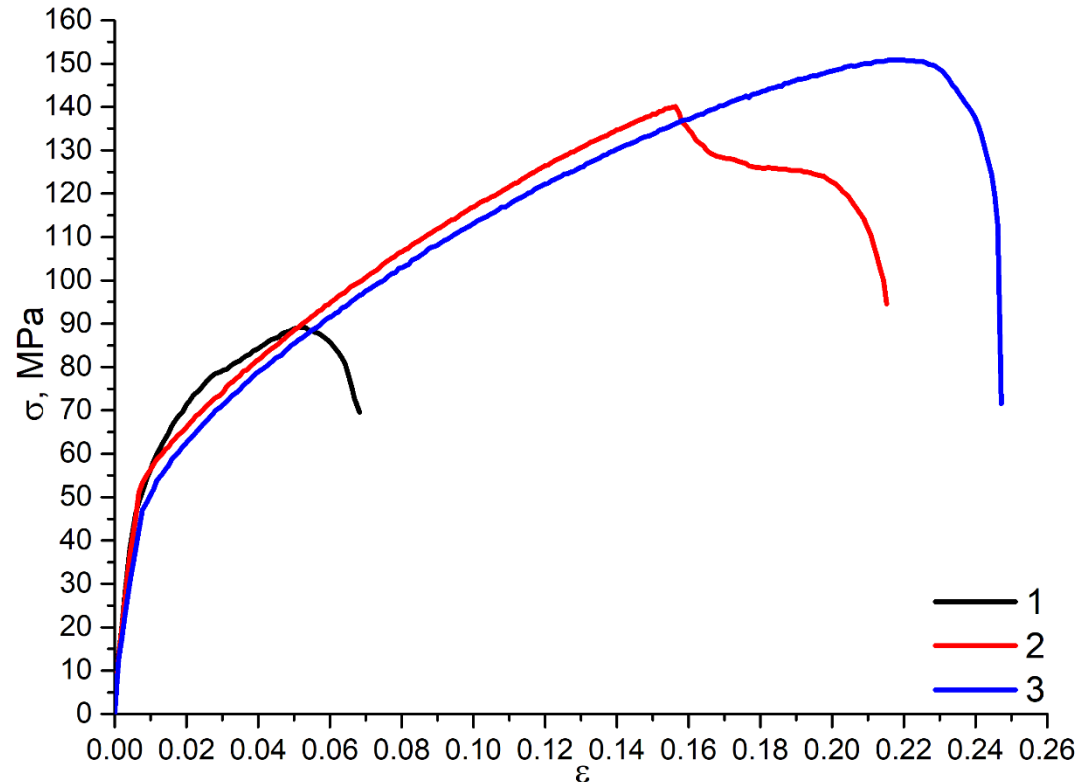


При большем увеличении в структуре можно выделить в поперечном сечении небольшого количества стали, замешанной в медную матрицу вблизи подложки (a,b). Выше располагается зона с небольшими столбчатыми зёрнами. В продольном сечении (c) четко выделяется образование трещин по границам зёрен и большое количество пор. Замешивание стали от подложки также отмечается, но в продольном направлении зоны с замешанной сталью более однородны по структуре (d). В горизонтальной плоскости структура в верхней части образца представлена неоднородными и крупными зёрнами, с четко выделяющимся дендритным строением зёрен (e,f). В целом верх полученного образца менее дефектен, что вполне объяснимо общим накоплением тепла и улучшением как растекаемости материала, так и сплавлением между собой отдельных наносимых капель. В нижней части образца, когда зона печати была ещё не окончательно прогрета, сплавление отдельных капель в целый образец было осложнено их быстрой кристаллизацией, что и приводило к повышению растрескивания между зёрнами и образования пор.

Механические свойства полученных образцов

Механические свойства полученных образцов существенно различаются при испытании образцов, вырезанных из нижней (1) и из верхней части блока (2,3). В нижней части блока характерно наличие высокодефектной структуры с большим количеством пор и трещин, что приводит к низким значениям временного сопротивления в 89 МПа. В верхней части предел прочности существенно выше за счет меньшего количества дефектов, в основном в виде пор - 138-145 МПа, что находится на достаточном уровне для свойств литой меди марки М1. В данном случае один из образцов (2) также разрушился по дефекту, но показал достаточно высокое значение предела прочности. Пластичность материала также отличается. В верхней части блока находится на уровне 13-20%, а в нижней - 4%. При этом, предел текучести для образцов, вырезанных как из нижней, так и из верхней частей образца находится на уровне 48-52 МПа.

Диаграммы испытания образцов из нижней (1) и верхней (2,3) областей блока.





Заключение

Проведенные исследования показывают, что при реализации капельного режима в процессе печати меди хотя и имеется существенная неоднородность структуры и механических свойств, но также имеется в целом возможность получения образцов. В нижней части образца характерно большее количество дефектов, но, в верхней части, за счет общего прогрева системы, дефектность образца снижается. Это прослеживается при анализе механических свойств, предел прочности в верхней части более чем в 1,6 раза больше, чем в нижней. Пластичность в верхней части возрастает ещё выше, до 5 раз. Таким образом, при достижении оптимального теплового баланса в системе реализация капельного режима может приводить к получению образцов с удовлетворительными значениями механических свойств, хотя, в любом случае является нежелательным, в виду общей сложности управления процессом.

Контакты

Гусарова Анастасия Владимировна, Чумаевский Андрей Валерьевич
Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, 634055 Russia
E-mail: tch7av@gmail.com

The work was performed according to the Government research assignment for ISPMS SB RAS, project FWRW-2019-0034.

II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК-2021

**CAMSTech-II-2021: Современные
достижения в области материаловедения
и технологий**